УДК 669.972-16

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕНННЯ ВИСОКОМІЦНОГО БЕТОНУ НА ЗРАЗКАХ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ТА КУБІЧНОЇ ФОРМИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА НА ОБРАЗЦАХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И КУБИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

EXPERIMENTAL STUDIES OF HIGH-STRENGTH CONCRETE ON SAMPLES OF CYLINDRICAL AND CUBIC FORMS

Єрмоленко Д.А., д.т.н., доцент, Демченко О.В. к.т.н., ст. викладач, Федоришина О.І., студент (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Ермоленко Д.А. д.т.н., професор, Демченко О.В. к.т.н., ст. преподаватель, Федоришина Е.И., студент (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава)

Yermolenko D.A, Ph.D., Associate Professor, Demchenko O.V., Ph.D., senior lecture, Fedoryshyna O. I. student (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)

Підібрано та експериментально отримано склади високоміцних бетонів. Визначені міцнісні характеристики на зразках циліндричної та кубічної форми.

Подобраны и экспериментально получены составы высокопрочных бетонов. Определены прочностные характеристики на образцах цилиндрической и кубической формы.

Selected and experimentally obtained compositions high-strength concrete. Strength properties on cylindrical and cubic form samples were determined.

Ключові слова:
Високоміцний бетон, міцність, деформативність.
Высокопрочный бетон, прочность, деформативность.
High-strength concrete, strength, deformation.

Стан питання та задачі дослідження. У будівельній галузі на даний час характерна тенденція збільшення поверховості будівель з монолітного залізобетону на основі сучасних високоміцних бетонів. Такі бетони мають

високі характеристики міцності, морозостійкості і водонепроникності, що забезпечує високу довговічність конструкцій, особливо в складних умовах експлуатації [1].

При виготовленні високоміцних бетонів для зниження витрат використовують звичайні заповнювачі та цементи. Але з додаванням комплексних модифікаторів.

Міцність бетонів із застосування пластифікаторів та комплексних модифікаторів може досягати 80-150 МПа. У той же час норми проектування в Україні для залізобетонних конструкцій з високоміцних бетонів знаходяться у стадії розробки [2]. Процеси усадки і повзучості, закономірності деформування при короткочасному і тривалому навантаженні високоміцних бетонів, до цього часу вивчені недостатньо. Це є стримуючим чинником для більш широкого їх застосування в сучасному будівництві [3].

Вивчення характеристик фізико-механічних високоміцних модифікованих бетонів дозволить більш точно оцінювати напружено-деформований стан елементів залізобетонних конструкцій з таких бетонів, підвищити надійність проектування і одержати істотний економічний ефект при зведенні високих будівель і споруд.

Метою досліджень є розроблення складів високоміцних бетонів та визначення їх фізико-механічних властивостей з максимально можливим використанням матеріалів вітчизняної будівельної бази та порівняння міцності високоміцних бетонів на зразках циліндричної та кубічної форми.

Для виконання поставленої задачі з метою пошуку оптимальних складів високоміцного бетону досліджувалося ряд складів.

В якості крупного заповнювача використано гранітний щебінь фракції 5-10 мм, який відповідав вимогам стандарту [10], пустотність щебеню 47 %, насипна густина $\rho_н$ = 1350 кг/м^3, істина густина $\rho_а$ = 2,71 г/см^3. Як дрібний заповнювач для бетонів використовували пісок кварцовий з модулем крупності Мк=2,3, насипна густина у сухому стані $\rho_н$ = 1515 кг/м^3, істина густина $\rho_а$ = 2,61 г/см^3, який відповідає вимогам [9].

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [11] випуск цементів вище марки 500 в Україні не передбачено, враховуючи це для виготовлення високоміцних бетонів використано портландцемент ПЦ І-500 Н, який має насипну густину $\rho_н$ = 1300 кг/м^3 та істину густину $\rho_а$ = 3,1 г/см^3. Початок тужавіння цементу 105 хв, а кінець – 4,5 год від початку замішування.

В якості добавки до бетону застосовувався суперпластифікатор Glenium 5 1 на основі ефірів полікарбоксилату, що володіють додатковою перевагою структури макромолекул полімеру, які скупчуються на поверхні частинки, фактично беруть на себе функцію розпірок. У порівнянні з іншими реагентами, навіть мінімальна доза продуктів на основі ефірів полікарбоксилату забезпечує розріджуючу дію та покращує легкоукладність бетонної суміші [5]. Витрата матеріалів на 1 м^3 на бетонної суміші різної міцності наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Склади бетонної суміші

№ складу	Проектний клас бетону за міцністю ДСТУ Б В.2.7-176	Проектна міцність МПа	В/Ц	Витрата матеріалів, кг/м^3		
				цемент	пісок	щебінь
Склад 1	С40/50	64,3	0,28	510	586	1254
Склад 2	С50/60	77,1	0,25	529	571	1254
Склад 3	С60/75	90,0	0,23	592	517	1254

З кожного замісу виготовлені (рис.1) по три зразки кубики розмірами 100×100×100 мм, зразки-призми 100 х100 х 400 мм. та зразки-циліндри d = 100 мм. висота 200 мм, циліндри діаметром 100 мм і висотою 400 мм кожного складу, для контролю міцності бетону, які відповідають вимогам [7,8].

Рис 1. Серія зразків високоміцних бетонів для кожного класу

Для приготування бетонної суміші С40/50, С50/60, С60/75 використовувався бетонозмішувач примусової дії. Дозування матеріалів проводили за масою. Ущільнення бетонної суміші відбувалось вібруванням.

Зразки зберігалися 28 діб при температурі 20 ± 2^{0}С з абсолютною вологістю повітря 95 – 97%. Зразки-циліндри зберігалися в формах для збереження ідентичних умов набору міцності, що й трубобетонні зразки.

Для визначення міцнісних характеристик бетону були проведені випробування зразків кубиків, призм та циліндрів у віці 28 діб відповідно до ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [7] та ДСТУ Б В.2.7-217:2009 [8].

Опорні грані відформованих зразків-кубів, які призначені для випробування на стиск, вибиралися таким чином, щоб стискаюча сила при випробуванні була направлена паралельно шарам укладання бетонної суміші в форми. Відхилення від перпендикулярності суміжних граней зразків-кубів призм та циліндрів перевірені виявлені невідповідності були виправлені шляхом вирівнювання опорних граней шліфуванням. Якість виготовлення контрольних зразків можна визнати задовільною, що характеризується незначною мінливістю площі їх перерізу. За руйнуюче навантаження

приймалося максимальне зусилля, яке було досягнуте в процесі випробування.

Міцність бетону в серії з трьох зразків визначали як середнє арифметичне значення за двох зразків найбільшої міцності. Високоміцні бетони відрізняються підвищеною крихкістю в порівнянні з традиційними бетонами [4, 5], що обумовлено їх більш гомогенною структурою на відміну від бетонів звичайної міцності. Тріщини швидко поширюються по всій структурі, що призводить до утворення площинних зламів і до розтріскування зерен заповнювача. Руйнування зразків із високоміцного бетону відбувалося крихко, характер руйнування наведено на рис. 2,3.

Рис. 2 Характер руйнування дослідних зразків циліндрів 2d

Результати випробувань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристики складів бетонів

Номер складу бетону	Міцність за кубами σ_{cub}, МПа	Міцність за циліндрами 2d σ_{cil}, МПа	Міцність за циліндрами 4d σ_{cil}, МПа	Призмова міцність σ_c, МПа
1	54,59	50,55	57,88	63,27
2	59,68	59,68	63,21	60,69
3	67,23	69,40	67,75	75,75

Рис. 3 Характер руйнування дослідних зразків циліндрів 4d

Відповідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 міцність циліндра рівна ¾ міцності куба, але дослідним шляхом доказано що не існує єдиного взаємозв'язку між міцністю зразків цих двох видів. Відповідно до досліджень [6] відношення міцності куба і міцності циліндра залежить перш за все від міцності бетону, і воно тим вище чим вище міцність бетону. Дослідження показують що відношення між міцностями циліндра і куба не являються простою функцією однієї тільки міцності. Відповідно до сучасних тенденцій застосовують циліндри. Вважають що циліндри дають більш однорідні результати для номінально однакових зразків, так як їх руйнування менш залежить від напруженнях на кінцях зразка. Їх міцність також менш залежить від властивостей крупного заповнювача, що застосовується в бетонній суміші. Також розподіл деформацій по горизонтальній площині циліндра більш однорідне чим в зразках з квадратним поперечним перерізом. Також циліндри виготовляють та випробовують в одному положенні, тоді як в кубах лінія дії навантаження знаходиться під прямим кутом до осі куба. При стиску елементи конструкції мають подібні умови як при випробуваннях циліндрів, тому їх випробування більш всього відповідають реальним умовам.

В залежності від класу за міцністю спостерігається суттєва залежність – зі збільшенням міцності бетону зменшується розбіжність міцності на зразках цилінлричної та кубічної форми (рис.4) Різниця міцності визначена на зразках кубах та циліндрах 2d для класу С40/50 - 5,7%, С 50/60 – 5,5 %, С60/75 –1 %.

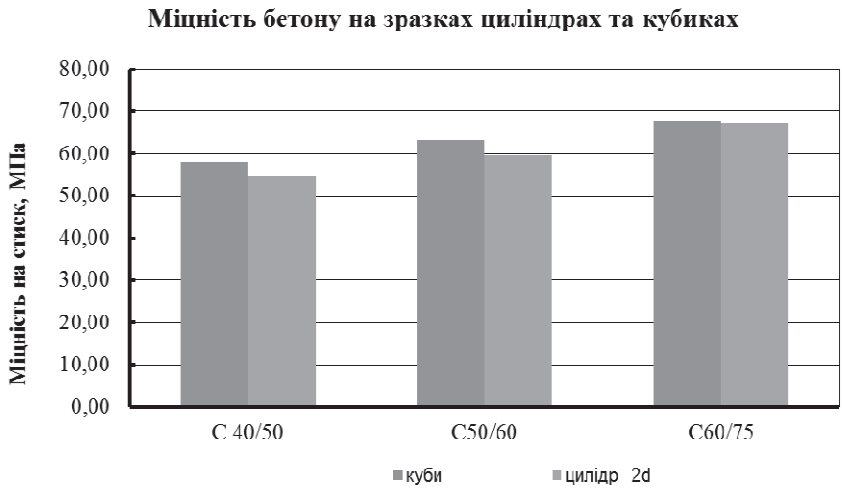

Рис. 4. Міцність складів бетонів визначена на зразках-кубах та циліндрах

За результатами випробувань серії зразків циліндрів та призм (рис. 5) можна зробити висновок, що для класу бетону С40/50 призмова міцність більше від циліндричної на 20%, для класу С 50/60 розбіжність становить лише 1,7 %, а для С60/75 – 8.4%.

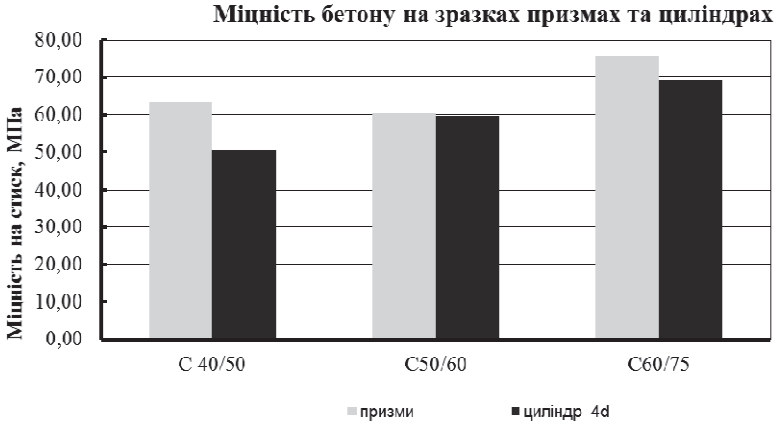

Рис. 5. Порівняння міцності бетону в залежності від форми зразків

За даними результататів досліджень Невіля А.М. [6] відношення міцності циліндрів до міцності кубів на стиск(від 7 МПа до 50 МПа) а також отриманим результатів досліджень (від 51 МПа – 76 МПа) випробувань циліндрів та кубів була побудовані графік (рисунок 5) а також можна зробити висновок що отриманих даних є чітка залежність зі збільшенням міцності бетону відношення між ними наближається до 1.

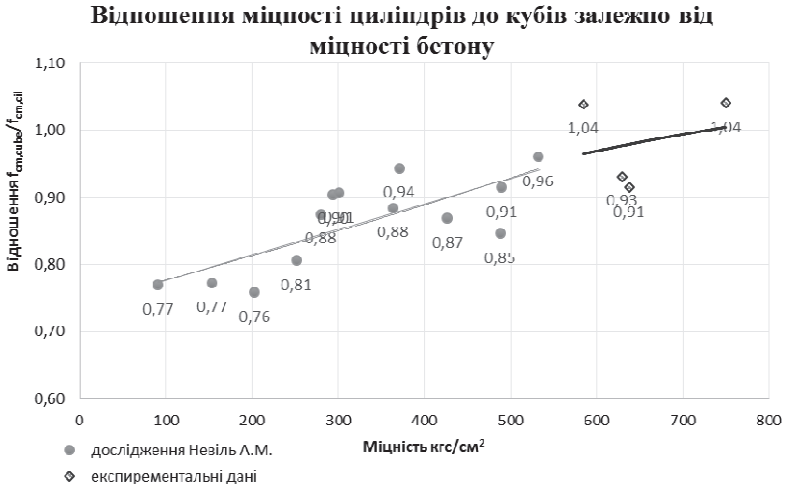

Рис. 6. Відношення міцності циліндрів до кубів залежно від міцності бетону

Висновки: Проведені дослідження показали можливість отримання високоміцних бетонів $f_{ck.cyl}$= 76 МПа при використанні цементів марки 500. Встановлені закономірності зміни міцності високоміцних бетонів на зразках циліндричної та кубічної форми. Використання суперпластифікаторів у високоміцних бетонах дозволяє поліпшити їх експлуатаційні характеристики та підвищити несучу здатність конструктивного елемента в цілому не збільшуючи поперечного перерізу.

1. Стороженко Л.І. Експериментальні дослідження високоміцних бетонів для ядер трубобетонних елементів / Л.І. Стороженко, Д.А.Єрмоленко, О.В.Демченко. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – Вип. 27 – Рівне , 2013. – С. 228 – 234. **2**. Позняк О.Р. Високофункціональні бетони з комплексними модифікаторами на основі полікарбоксилатів. / О.Р. Позняк // Теорія і практика будівництва: [зб. наук. пр.] / відп. ред. З. Я. Бліхарський. - Л. : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. - 331 с. **3.** Стороженко Л.І Особливості роботи високоміцних бетонів в трубобетонних конструкціях / Л.І. Стороженко, Д.А.Єрмоленко, О.В.Демченко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. наук. трудов. – Дніпропетровськ: ПГАСА, 2012. – Вип. 65. – С. 577 – 580. **4.** Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. И.: Стройиздат, 1971. - 208 с. **5.** Формирование структуры высокопрочных бетонов / Р.Ф. Рунова, И.И. Руденко, В. В. Троян // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка : зб. наук. праць. - Вип. 29. - Київ: товариство «Знання» України, 2008. - С.91- 97.
6. Невиль А.М. Свойства бетона. Пер. с англ. – М.:Стройиздат, 1972. – 344 с. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. [Текст] : чинний від 2009-12-22. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с. **7.** ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.[Текст] : чинний від 2009-12-22. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с. **8.** ДСТУ Б В.2.7-217:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона.[Текст] : чинний від 2009-12-22. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 20 с. **9.** ДСТУ Б.В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови [Текст] : чинний від 1996-01-01. – К. : Держкоммістобудування України,1996. – 13 с. **10.** ДСТУ Б.В.2.7-75-95 Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови [Текст] : чинний від 2006-07-01. – К. Мінрегіонбуд України,1996. – 13 с. **11.** ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови [Текст] : чинний з 2011-09-01. – К. Мінрегіонбуд України, 2011. – 29 с.